

ОПТИМИЗАЦИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ЦЕН ГОСТИНИЦЫ

А.М. Бондоловский, М.Я. Ковалев

Объединенный институт проблем информатики НАН Беларуси, Сурганова 6, 220012 Минск, Беларусь
kovalyov_my@newman.bas-net.by, andrei.bandalouski@gmail.com

Рассматривается задача определения цен на гостиничные номера различных категорий на каждый день в заданном интервале времени в будущем с целью максимизации дохода. Предполагается, что спрос является эластичным, таким что его величина является линейно убывающей функцией от цены: $d_{\tau,c}(p_{\tau,c}) = a_{\tau,c} - b_c p_{\tau,c}$, где $d_{\tau,c}(p_{\tau,c})$ – величина спроса на номера категории c в день τ и $p_{\tau,c}$ – цена соответствующего номера.

В ОИПИ НАН Беларуси [1,2] создана экспериментальная система динамического ценообразования гостиницы. В докладе описывается оптимизационная компонента этой системы. На вход оптимизационной компоненты подаются:

t – идентификатор текущего дня;

J – количество типов номеров (1-местный, 2-местный и т.п.);

C – количество категорий номеров (категория определяется типом номера, сезоном, временем до заселения, продолжительностью проживания и т.п.);

$[t + 1, t + T]$ – горизонт планирования;

$a_{\tau,c}$ – свободный коэффициент линейной функции спроса от цены для дня τ и категории c ;

b_c – угловой коэффициент линейной функции спроса от цены для категории c . Предполагается, что он не зависит от дня для заданной категории номеров. Значения $a_{\tau,c}$ и b_c определяются прогнозной компонентой системы на основе исторических данных.

$L_{\tau,c}$ – нижняя граница цены $p_{\tau,c}$;

$U_{\tau,c}$ – верхняя граница цены $p_{\tau,c}$;

h_c – стоимость обслуживания номера категории c ;

$R_{\tau,j}$ – количество номеров типа j , доступных в день τ ;

M_j – множество категорий, включающих тип j комнаты. Предполагается, что множества M_j пронумерованы по неубыванию цен комнат.

Максимизация дохода гостиницы достигается за счет решения следующей задачи математического программирования с сепарабельной квадратичной вогнутой целевой функцией и линейными ограничениями.

$$\max \sum_{c=1}^C \sum_{\tau=t+1}^{t+T} (a_{\tau,c} - b_c p_{\tau,c})(p_{\tau,c} - h_c) - W \sum_{c=1}^C \sum_{\tau=t+1}^{t+T} y_{\tau,c}, \quad (1)$$

при условиях

$$L_{\tau,c} \leq p_{\tau,c}, \quad \tau = t + 1, \dots, t + T, \quad c = 1, \dots, C, \quad (2)$$

$$p_{\tau,c} \leq U_{\tau,c} + y_{\tau,c}, \quad \tau = t + 1, \dots, t + T, \quad c = 1, \dots, C, \quad (3)$$

$$a_{\tau,c} \geq b_c p_{\tau,c}, \quad \tau = t + 1, \dots, t + T, \quad c = 1, \dots, C, \quad (4)$$

$$p_{\tau,c} \geq h_c, \quad \tau = t + 1, \dots, t + T, \quad c = 1, \dots, C, \quad (5)$$

$$\sum_{c \in M_j} (a_{\tau,c} - b_c p_{\tau,c}) \leq R_{\tau,j}, \quad \tau = t + 1, \dots, t + T, \quad j = 1, \dots, J, \quad (6)$$

$$p_{\tau,c_1} \leq p_{\tau,c_2}, \quad c_1 \in M_1, \quad c_2 \in M_2, \quad \tau = t + 1, \dots, t + T, \quad (7)$$

$$p_{\tau,c_2} \leq p_{\tau,c_3}, \quad c_2 \in M_2, \quad c_3 \in M_3, \quad \tau = t + 1, \dots, t + T, \quad (8)$$

$$p_{\tau,c_3} \leq p_{\tau,c_4}, \quad c_3 \in M_3, \quad c_4 \in M_4, \quad \tau = t + 1, \dots, t + T, \quad (9)$$

$$p_{\tau,c_4} \leq p_{\tau,c_5}, \quad c_4 \in M_4, \quad c_5 \in M_5, \quad \tau = t + 1, \dots, t + T, \quad (10)$$

$$p_{\tau,c} \geq 0, \quad y_{\tau,c} \geq 0, \quad \forall \tau, c. \quad (11)$$

Здесь

$y_{\tau,c}$ – вспомогательная переменная, позволяющая нарушить верхние границы цен в случае, когда не существует решения, допустимого относительно этих верхних границ;

W – достаточно большое число, превосходящее оптимальное значение в случае, когда верхние границы цен отсутствуют.

Целевая функция (1) представляет собой количество денег от продаж минус расходы на обслуживание номеров и минус стоимость нарушения верхних границ цен. Эти границы не будут нарушены в оптимальном решении, если существует решение, допустимое относительно верхних границ. Соотношения (2) и (3) отвечают за нижние и верхние границы цен. Значение переменной $y_{\tau,c}$ можно использовать для регулирования излишнего спроса без отказов со стороны гостиницы. Ограничения (4) гарантируют неотрицательность спроса. Соотношения (5) требуют, чтобы цена номера была больше либо равна стоимости его обслуживания. Ограничения (6) обеспечивают то, что суммарный спрос на номера одного типа в разных категориях в день τ не превосходит количества доступных номеров этого типа в этот день. Ограничения (7)–(10) обеспечивают иерархию цен на номера разных типов.

Задача (1)–(11) может быть декомпозирована на T подзадач, где каждая подзадача рассматривает один день τ , $\tau = t + 1, \dots, t + T$. Оптимальное решение исходной задачи определяется оптимальными решениями подзадач.

Приведенная модель не допускает превышение вместимости гостиницы. Если спрос превышает вместимость, модель автоматически увеличит цены для снижения спроса до оптимального уровня. Зная оптимальные цены $p_{\tau,c}^*$, можно вычислить соответствующий ожидаемый спрос $a_{\tau,c} - b_c p_{\tau,c}^*$, который можно использовать для оценки загруженности гостиницы и планирования соответствующего обслуживания. Решение задачи (1)–(11) может быть проанализировано, одобрено или модифицировано менеджером. На основании решения можно применить следующие две политики бронирования номеров. Первая политика состоит в том, чтобы принимать все заявки по заданным ценам $p_{\tau,c}^*$, и преобразовывать цены после каждой заявки. Вторая политика состоит в том, чтобы принимать не более $a_{\tau,c} - b_c p_{\tau,c}^*$ заявок в каждой категории c . Эффективность второй политики существенно зависит от качества прогноза спроса. Независимо от политики бронирования, мы предлагаем преобразовывать цены после каждого бронирования, поскольку каждое бронирование уменьшает количество доступных номеров. Мы также предлагаем рассматривать несколько горизонтов планирования различной длины, например, 1, 7, 31, 90, 180 и 360 дней, и отыскивать решения для всех горизонтов планирования одновременно, поскольку точность прогноза уменьшается с увеличением длины горизонта планирования.

Научно-исследовательская работа выполнена при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований по договору № Ф14М-005 от 23 мая 2014 года.

Литература

1. Бондоловский А. М. *Обзор моделей управления доходностью в гостиничном бизнесе* // Информатика. 2014. № 2. С. 66–83.
2. Bandalouski A., Egorova N. G., Kovalyov M. Y., Pesch E., Tarim S. A. *Multi-product dynamic pricing for hotel revenue management* // in submission.